

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.377.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 08 октября 2026 г. № 6

О присуждении Долгих Виктору Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование структуры и свойств никелевых катализаторов пиролиза метана для получения углеродных наноматериалов и водорода» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки) принята к защите 29 июня 2026 г. (протокол № 4) диссертационным советом 24.2.377.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244; приказ Минобрнауки России от 11.04.2012 г. № 105/нк, с изменениями, внесёнными приказом Минобрнауки России от 25.11.2025 г. № 1140/нк).

Соискатель Долгих Виктор Дмитриевич, 01 ноября 1997 года рождения, в 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» с присуждением квалификации горный инженер по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

В 2026 г. завершил обучение в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

С 07.05.2026 г. зачислен в качестве лица, прикрепленного для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки). Справка о сдаче кандидатских экзаменов по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния №Сп-02.03/722 выдана 19.05.2026 г. федеральным государственным бюджетным образовательным

учреждением высшего образования «Самарский государственный технический университет».

С 2022 по 2023 гг. работал в должности инженера кафедры «Физика», с 2023 г. по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника молодёжной опытно-промышленной лаборатории «Нефтегазовые технологии производства водорода и графита» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – Кудинов Игорь Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Официальные оппоненты:

– Кудияров Виктор Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, доцент отделения экспериментальной физики Инженерной школы ядерных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; Беленов Сергей Валерьевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра «Химия и физика функциональных и наноструктурных неорганических материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва) в своём положительном отзыве, составленном на расширенном заседании кафедры «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» и подписанном заведующим кафедрой, доктором физико-математических наук, профессором Львом Наумовичем Рабинским, утвержденном доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе Андреем Владимировичем Ивановым, отметила, что диссертация содержит оригинальные физические результаты в области наноструктурированных металлических систем – в частности, установленную количественную взаимосвязь между удельной площадью поверхности катализаторов и энергией активации реакции пиролиза метана, – а разработанные технические решения по аппаратурному оформлению непрерывного процесса термokatалитического разложения метана имеют самостоятельную практическую значимость; диссертация

соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Долгих Виктор Дмитриевич, заслуживает присуждения искомой учёной степени.

Основные научные результаты диссертации отражены в 30 опубликованных работах по теме диссертации, в том числе в 4 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 3 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ и 8 патентах Российской Федерации на изобретения и полезные модели.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

– Долгих В.Д., Кудинов В.А., Беляков Н.Р. Исследование тепловых характеристик пиролизического реактора генерации водорода из метана // Известия вузов. Физика, 2023, Т. 66, № 11.

– Желнов Ю.В., Долгих В.Д., Иванов С.А., Виноградова М.Р., Мелешко Н.В., Кудинов И.В. Получение водорода термokatалитическим разложением метана с использованием катализатора «никель на кизельгуре» // Сибирский физический журнал, 2023, Т. 18, № 3. С. 95–103.

– Кудинов В.А., Зайцев С.В., Керосиров Е.В., Долгих В.Д. Расчет тепловых характеристик пиролизической установки производства водорода из метана // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2026, № 1(55). С. 27–36.

– Kudinov I.V., Kosareva E.A., Dolgikh V.D., Vinogradov N.A., Pimenov A.A. Hydrogen Production by Thermocatalytic Decomposition of Methane: Modern Achievements (A Review) // Petroleum Chemistry, 2025, Vol. 65, pp. 10–34.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) Ведущей организации (ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»). Замечания: выборка исследованных составов катализаторов (четыре образца) ограничивает статистическую общность установленной линейной корреляции между удельной площадью поверхности и энергией активации реакции; предложенная математическая модель построена в одномерной постановке при постоянной скорости движения фронта реакции и не учитывает явным образом кинетику дезактивации катализатора во времени; границы применимости модели для длительной (более нескольких часов) работы реактора обсуждены недостаточно подробно; продолжительность испытаний наиболее активного катализатора $80\text{Ni}/10\text{Cu}/10\text{SiO}_2$ на стабильность (8 часов) ограничена по времени; конструктивные решения реактора с электромагнитной системой очистки от углеродных отложений (глава 4) не подкреплены

экспериментальными данными о совместной работе разработанных катализаторов непосредственно в этом реакторе в рамках единого пилотного эксперимента.

2) Официального оппонента Кудиярова В.Н. Замечания: принятое в математической модели допущение о постоянной скорости движения фронта реакции (идеальное вытеснение) не обосновано и не сопровождается оценкой чувствительности результатов модели к отклонениям реального профиля скорости от принятого; при изложении численного решения нелинейной задачи не приведены результаты исследования сходимости решения при измельчении шагов по пространству и времени; тепловой расчёт установки выполнен только для одного частного сочетания исходных данных (состава метано-водородной смеси и геометрии установки); в работе отсутствует количественная оценка дополнительного расхода электроэнергии на привод электромагнитной системы очистки реактора и усилий, необходимых для её работы по мере накопления углеродных отложений.

3) Официального оппонента Беленова С.В. Замечания: выбор псевдобемита в качестве источника оксида алюминия для золь-гель синтеза обоснован недостаточно подробно; отсутствует сравнение с альтернативными прекурсорами, не приведены характеристики использованного псевдобемита (производитель, площадь поверхности); установленная линейная корреляция между удельной площадью поверхности катализатора и энергией активации реакции опирается всего на четыре экспериментальные точки, что ограничивает её статистическую надёжность; несмотря на упоминание в составе оборудования рамановского спектрометра, результаты рамановской спектроскопии (соотношение интенсивностей D- и G-полос) в работе не приведены, хотя такие данные дополнили бы выводы о структуре углеродного продукта; в тексте не уточнено, определялся ли по данным рентгенофазового анализа размер кристаллитов углеродной фазы и его зависимость от типа катализатора; использование термина «физическая природа катализатора» представляется не вполне удачным по сравнению с общепринятым термином «структура катализатора»; в обзоре литературы недостаточно подробно проанализировано влияние размера и формы частиц активного металла на каталитические свойства; в таблицах сравнения катализаторов на различных носителях (табл. 1.3, 1.4) отсутствуют данные о площади поверхности носителей, а подписи осей на рис. 3.3.3 не переведены на русский язык.

4) Д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры Судебной экспертизы и физического материаловедения физико-технического института, ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград Борозниной Натальи Павловны. Замечания: не приведена оценка погрешности определения размера кристаллитов по формуле Шеррера, что важно при сопоставлении близких значений (20,3 и 21,7 нм); не

вполне раскрыт физический механизм влияния меди на дисперсность никеля в катализаторе $80\text{Ni}/10\text{Cu}/10\text{SiO}_2$; в работе практически не обсуждается термическая стабильность полученных наноструктур никеля при длительном пребывании в реакционной среде при рабочих температурах.

5) К.т.н, начальника конструкторского бюро «Водород СМ», доцента кафедры теплотехники и тепловых двигателей, старшего научного сотрудника НИЛ-101 «Физика и химия горения», ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» г. Самара Матвеева Сергея Сергеевича. Замечания: коэффициенты теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях приняты как исходные данные без указания критериальных зависимостей, на основании которых они определены; тепловой расчёт выполнен для стационарного режима работы установки; не оценено влияние пусковых и переходных режимов, в том числе периодического удаления углерода, на тепловые потери; отсутствует оценка распределения температуры по длине и радиусу реактора при переходе от лабораторной установки к многореакторной промышленной схеме; не приведён анализ чувствительности теплового баланса установки к изменению состава исходного газа.

6) К.т.н, доцента, ведущего научного сотрудника, директора НИИ Водородной энергетики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» г. Краснодар Петриева Ильи Сергеевича. Замечания: отсутствует количественное сопоставление удельных выбросов парниковых газов предложенной технологии с показателями парового риформинга и электролиза воды в пересчёте на 1 кг произведённого водорода; не обсуждается вопрос отработанного катализатора после исчерпания его ресурса (регенерация, утилизация либо переработка с извлечением никеля и меди); верификация математической модели выполнена, по-видимому, в достаточно узком диапазоне температур и расходов исходной смеси; границы применимости модели по этим параметрам не указаны.

7) Д.ф.-м.н., главного научного сотрудника, руководителя группы неравновесных процессов теоретического отдела ФГБУН «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук» г. Черноголовка Соболева Сергея Леонидовича. Замечания: не оценена точность используемой численной схемы, то есть скорость уменьшения ошибки расчёта при уменьшении шага; не приведено сопоставление аналитического (линейного) и численного (нелинейного) решений математической модели между собой, что позволило бы дополнительно оценить точность разностной схемы независимо от сравнения с экспериментом; принятая в модели постоянная скорость движения фронта

реакции является существенным упрощением; не обсуждается, как оно сказывается на точности модели при значительном изменении конверсии метана по длине реактора.

8) Д.х.н., доцента, старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией диффузионных явлений в полимерных системах, Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н. Семенова Российской академии наук г. Москва Ольхова Анатолия Александровича. Замечания: не указан объём статистической выборки (количество измеренных нанотрубок и частиц катализатора), по которой определены приведённые диапазоны диаметров УНТ и размеров частиц катализаторов; не вполне ясна причина роста объёма пор при неизменном среднем диаметре пор по мере снижения удельной поверхности катализатора при термообработке; не рассмотрен вопрос последующей очистки полученного углеродного продукта от остатков катализатора (никеля, меди, оксидов носителя).

Все отзывы положительные и в них отмечено, что указанные замечания не снижают общей ценности работы. Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Долгих Виктор Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области водородной энергетики, синтеза катализаторов, получения наноструктурированных систем и способностью дать профессиональную оценку новизны и научно-практической значимости рассматриваемого диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана экспериментальная методика получения никелевых катализаторов пиролиза метана золь-гель методом, позволившая получать катализаторы с мезопористой структурой, бимодальным распределением пор и дисперсностью частиц оксида никеля 20 – 22 нм;

предложен нетрадиционный подход к решению проблемы зауглероживания и дезактивации катализатора – электромагнитное устройство периодического удаления углеродных частиц из зоны реакции без остановки процесса и использование продуцируемой в реакторе метано-водородной смеси в качестве печного топлива, обеспечивающего процесс пиролиза; оригинальные суждения по заявленной тематике о выборе условий приготовления катализаторов: температуры прокаливания 650 °С и состава 80Ni/10Cu/10SiO₂, проявившего наибольшую активность;

доказана перспективность использования никелевых катализаторов без медного промотора ($60\text{Ni}/40\text{SiO}_2$, $60\text{Ni}/40\text{Al}_2\text{O}_3$, $90\text{Ni}/10\text{Al}_2\text{O}_3$) для получения более однородных углеродных нанотрубок с высокой кристалличностью и отсутствием дефектов, а также наличие связи между морфологией катализатора (размером, распределением и дисперсностью частиц Ni–Cu), температурой процесса, скоростью образования водорода и качеством углеродного продукта.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о структуре и свойствах никелевых катализаторов пиролиза метана: эффективность золь-гель метода для синтеза катализаторов с мезопористой структурой и заданной дисперсностью активного компонента, применимость разработанной математической модели для описания изменения концентраций метана, водорода и углерода во времени;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс инструментальных методов исследования (рентгенофазовый анализ, низкотемпературная адсорбция азота, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, газовая хроматография), экспериментальных методик, а также аналитических и численных методов математического моделирования, что позволило получить новые научные и практические результаты при анализе никелевых катализаторов пиролиза метана и получаемых на них углеродных наноматериалов;

изложены положения и аргументы о закономерностях формирования структуры углеродных наноматериалов в зависимости от состава катализатора, о факторах (размер, распределение и дисперсность частиц катализатора, температура процесса) и условиях (температура прокаливания, тип носителя, наличие медного промотора), определяющих скорость образования водорода и качество углеродного продукта; изложены элементы теории процесса в виде математической модели, развивающие научное направление совместного получения водорода и углеродных наноматериалов;

изучены причинно-следственные связи между составом катализатора (типом носителя, наличием медного промотора), температурой его прокаливания, текстурными характеристиками, каталитической активностью, продолжительностью эффективной работы и структурой получаемых углеродных наноматериалов, что развивает представления о механизмах работы никелевых катализаторов пиролиза метана.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены технологии получения никелевых катализаторов золь-гель методом и получения структурированных углеродных наноматериалов и водорода в процессе каталитического пиролиза метана в газовой фазе (внедрены в ООО «Газпромнефть – Промышленные инновации», а также в учебный процесс кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», что подтверждается актами о внедрении);

определены пределы и перспективы практического использования результатов: катализатор $80\text{Ni}/10\text{Cu}/10\text{SiO}_2$ обеспечил концентрацию водорода 32,8 % при 650 °С и 57 % при 750 °С и время активной работы 8 ч при 650 °С;

создана установка пиролиза метана, обеспечивающая производство водорода и углеродных наноматериалов с периодическим удалением углеродных частиц без останова процесса пиролиза;

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологии: проведение длительных испытаний катализатора, разработка технологии его очистки и замены без останова процесса, развитие математической модели за счет учета изменения искомых функций по радиальной координате для оценки полноты разложения метана в зависимости от диаметра реактора и определения эффективного диаметра, переход к двух- и трёхмерным уравнениям.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на современном сертифицированном аналитическом и технологическом оборудовании (рентгенофлуоресцентный анализатор EDX 800 HS Shimadzu, порозиметр Micromeritics Gemini VII, дифрактометр Rigaku Smartlab, электронный микроскоп Tescan Vega 3, газовый хроматограф «Кристаллюкс-4000М») с применением апробированных комплексных методов исследования структуры материалов и состава газообразных продуктов реакции;

теория построена на известных данных о каталитической диссоциации метана на активных центрах никеля и диффузии углерода через металлические наночастицы, а разработанная модель верифицирована экспериментальными данными;

идея базируется на анализе закономерностей и оптимизации процесса одновременного получения в едином каталитическом процессе структурированного углеродного наноматериала и водорода;

использовано сравнение авторских данных с данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике: определённые по разработанной модели значения энергии активации (57 – 75 кДж/моль) находятся в диапазоне 45 – 96 кДж/моль, приводимом в литературе для катализаторов на основе активных металлов;

установлено количественное совпадение авторских значений энергии активации с диапазоном, представленным в независимых литературных источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации: аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений, методы статистической обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит: в анализе литературы, разработке способа получения катализаторов, проведении экспериментальных исследований и инструментальном исследовании структуры и свойств материалов, разработке и верификации математической модели, предложении конструкций реакторных установок, обработке и интерпретации результатов, подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Долгих В.Д. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

На заседании 08 октября 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Долгих Виктору Дмитриевичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния за разработку научно-обоснованных технических и технологических решений по созданию методики получения высокоэффективных наноструктурных никелевых катализаторов пиролиза метана, экспериментальному изучению их физической природы и свойств, а также исследованию свойств получаемых на их основе углеродных наноматериалов, имеющих существенное значение для развития страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 3 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 17, против – 0.

Председатель диссертационного совета

М.В. Ненашев

И.о. учёного секретаря диссертационного совета

В.С. Муратов

08 октября 2026 г.

